

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-036355

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

H01L 29/78  
H01L 29/06  
H01L 29/66

(21)Application number : 07-178976

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.07.1995

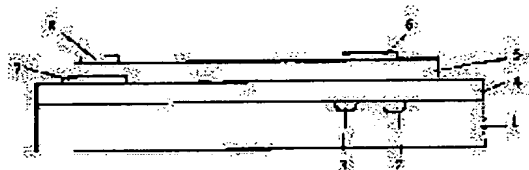
(72)Inventor : MIYAHARA YUJI  
WATANABE YOSHIO

## (54) INTEGRATED ELECTRO-CHEMICAL CIRCUIT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow organic flow of signal in time and space on the substrate using electrons, holes or ions as the signal carrier by integrating electronic devices and elements utilizing mutual effect of ion and electron on a substrate and connecting elements with an electron conductor or ion conductor.

SOLUTION: For example, a solid electrolyte showing oxygen ion conductivity is used for ion conductor 5 and platinum having oxygen dissociation catalysis for metal electrodes 7 and 8. When adequate voltage is applied to the metal electrodes 7 and 8, oxygen dissociation balance is set up depending on oxygen ion concentration in the solid electrolyte 5 and oxygen ion concentration in the solid electrolyte 5 changes. Oxygen ion generated in the electrode 8 diffuses into the solid electrolyte 5 and reaches the gate of field effect transistor to modulate a channel current. Oxygen ion in the solid electrolyte 5 moves, in addition to pure diffusion, due to a potential difference between the gate electrode 6 and the electrode 7 or 8. Different switching speed in the materials of different structures can be obtained by controlling a partial pressure of oxygen and voltages at the electrodes 7 and 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

***This Page Blank (uspto)***

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 3 6 3 5 5

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 2 月 7 日

(51) Int. Cl. <sup>°</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 29/78			H01L 29/78	301 G
29/06			29/06	
29/66			29/66	
			29/78	301 J

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 1 7 8 9 7 6  
(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 7 月 1 4 日

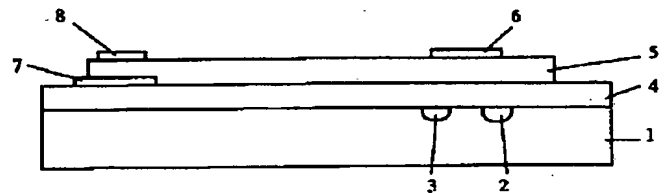
(71) 出願人 0 0 0 0 0 5 1 0 8  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地  
(72) 発明者 宮原 裕二  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 渡辺 ▲吉▼雄  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 磯村 雅俊

(54) 【発明の名称】 集積化電子化学回路

(57) 【要約】

【目的】 イオンと電子の相互作用を利用する固体デバイスに関して、従来の半導体デバイスでは得られない、新しい機能を有するイオノエレクトロニクスデバイス (Iono-electron Device) を提供すること。

【構成】 基板に電子素子およびイオンと電子との相互作用を利用する素子を集積化し、各素子間を電子伝導体またはイオン伝導体で接続し、電子または正孔またはイオンが信号の担い手となり、上記基板上で時間的または空間的に有機的に信号の担い手が流れる如く構成したことを特徴とする集積化電子化学回路。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に形成された電子回路または電子素子において、前記基板に少なくとも 1 つのイオン伝導体を構成し、イオンから電子または電子からイオンへの変換を行うイオン-電子変換素子を、前記電子回路または電子素子の電子伝導性電極と前記イオン伝導体とを接続する如く配置したことを特徴とする集積化電子化学回路。

【請求項 2】 集積回路が形成された半導体基板に、直接または絶縁膜を介してイオン伝導体を設け、該イオン伝導体に接触させて、イオンから電子または電子からイオンへの変換を行うイオン-電子変換素子を設けたことを特徴とする集積化電子化学回路。

【請求項 3】 少なくとも 1 個の電界効果トランジスタが形成された半導体基板において、前記電界効果トランジスタのチャンネル部のゲート絶縁膜上で、前記チャンネル部と立体交差する如くイオン伝導体を設け、該イオン伝導体に接触させて、イオンから電子または電子からイオンへの変換を行うイオン-電子変換素子を設けたことを特徴とする集積化電子化学回路。

【請求項 4】 複数の電界効果トランジスタが形成された半導体基板において、第 1 の電界効果トランジスタのチャンネル部のゲート絶縁膜上で、前記チャンネル部と立体交差する如くイオン伝導体を設け、該イオン伝導体に接触させて、イオンから電子または電子からイオンへの変換を行うイオン-電子変換素子を設けて、該イオン-電子変換素子を第 2 の電界効果トランジスタの出力端子に接続したことを特徴とする集積化電子化学回路。

【請求項 5】 前記基板は、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素などの半導体、ガラス、サファイアなどの無機絶縁体、エポキシ樹脂、ポリ塩化ビニルなどの有機絶縁体であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の集積化電子化学回路。

【請求項 6】 前記イオン-電子変換素子は、少なくとも 1 個の導電性電極を有し、電極反応により電子からイオンまたはイオンから電子に変換する素子であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の集積化電子化学回路。

【請求項 7】 前記イオン伝導体は、無機または有機固体電解質、または、電解質を含む溶液であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の集積化電子化学回路。

【請求項 8】 前記導電性電極を構成する材料は、白金、金、銀、イリジウム、ルテニウム、カーボンまたは前記各材料を 2 種類以上組み合わせたものであることを特徴とする請求項 6 記載の集積化電子化学回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】 本発明は、電子、正孔またはイオンをキャリアとする電子素子に関し、特に、冗長性、可

塑性などを有する集積化電子回路に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 従来、シリコンを材料とする電界効果トランジスタのゲート絶縁膜上に、酸素イオン伝導性の固体電界質であるイットリア安定化ジルコニア膜を形成したデバイスが ジャーナル オブ アプライド フィジックス、第 63 巻、1988 年、2431 頁から 2434 頁 (Journal of Applied Physics, vol. 63, (1988) 2431-2434) に掲載されている。このデバイスは、酸素分圧に応じて固体電解質表面で起電力を発生するので、酸素センサとして動作するものである。

## 【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来技術に示されるデバイスは、電界効果トランジスタのゲートにおいて発生する起電力をドレイン電流変化として検出するため、固体電解質のイオン伝導性は利用されていない。また、上記デバイスの出力は酸素分圧に依存して変化するのみであるため、複数の能動素子および各素子間を接続するイオンまたは電子伝導体は設けられておらず、新しい機能の発現は不可能であるという問題があった。本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、従来の技術における上述の如き問題を解消し、電子または正孔またはイオンが信号の担い手となり、時間的または空間的に有機的に移動し、従来の電子デバイスでは実現困難な機能を有するイオノエレクトロニクスデバイス (Iono-electron Device) を提供することにある。

## 【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】 本発明の上記目的は、基板に形成された電子回路または電子素子において、前記基板に少なくとも 1 つのイオン伝導体を構成し、イオンから電子または電子からイオンへの変換を行うイオン-電子変換素子を、前記電子回路または電子素子の電子伝導性電極と前記イオン伝導体とを接続する如く配置したことを特徴とする集積化電子化学回路によって達成される。基板に電子素子およびイオンと電子との相互作用を利用する素子を集積化し、各素子間を電子伝導体またはイオン伝導体で接続し、電子または正孔またはイオンが信号の担い手となり、該基板上で時間的または空間的に有機的に信号の担い手が流れることによって達成される。

## 【 0 0 0 5 】

【作用】 本発明に係る集積化電子化学回路においては、イオン伝導体とその中を流れるイオンの組合せにより、イオン伝導体中のイオンの拡散速度および移動度を変えることができ、通常の半導体デバイス中の電子または正孔の拡散速度および移動度と大幅に異なる信号担体を形成することができる。また、イオン-電子相互作用を利用するデバイスは、非可逆過程、ドリフト過程、平衡反応などを含んでおり、これらを単独または組合わせて用

いたり、または、従来の集積回路と組み合わせることにより、従来存在しなかった複雑な機能を有する集積化電子化学回路を構築することができる。

#### 【 0 0 0 6 】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいてより詳細に説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。図中、1 はシリコン基板、2 および 3 は該シリコン基板 1 に形成されたソース領域およびドレイン領域を示している。また、4 は絶縁膜であり、上述の基板表面を絶縁膜 4 で被覆して、電界効果トランジスタが形成されている。上記絶縁膜 4 上に、イオン伝導体 5 を積層し、該イオン伝導体 5 上のソース領域 2 およびドレイン領域 3 の間に、ゲート電極 6 が形成されている。上記絶縁膜 4 上の他の表面部分に金属電極 7 が形成されており、その上に上記イオン伝導体が積層され、更に、上記イオン伝導体 5 上に金属電極 8 が形成されている。

【 0 0 0 7 】 上述のイオン伝導体 5 としては、例えば、酸素イオン伝導性を示す固体電解質を用い、金属電極 7 および 8 には、酸素解離の触媒作用を有する白金を用いる。金属電極 8 は、酸素解離の効率を高めるために、多孔性とする。金属電極 7 と 8 に適切な電圧を印加しておくと、雰囲気中の酸素分圧に応じて金属電極 8 で酸素解離平衡が成立し、固体電解質 5 中の酸素イオン濃度が変化する。電極 8 で生成された酸素イオンは、固体電解質 5 中を拡散して電界効果トランジスタのゲート部に到達し、チャネル電流を変調させる。固体電解質 5 中の酸素イオンは、純粋な拡散のほか、ゲート電極 6 と電極 7 または 8 の間の電位差による電位勾配によって移動する。

【 0 0 0 8 】 従って、上記実施例によれば、酸素分圧と電極 7 と 8 に印加する電圧とを制御することにより、電界効果トランジスタのスイッチング速度を制御することが可能となり、同一の構造、材料で、異なるスイッチング速度を有する素子を実現することができる。図 2 は、本発明の第 2 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においては、第 1 の実施例と同様に、シリコン基板 1 にソース領域 2 およびドレイン領域 3 を形成し、表面を絶縁膜 4 で被覆して電界効果トランジスタ構造を形成している。また、上記絶縁膜 4 上にイオン伝導体 5 を積層し、金属電極 9 を介してドレイン領域 3 と接続する。ソース領域 2 およびドレイン領域 3 の間の絶縁膜 4 上に、ゲート電極 6 を形成している。

【 0 0 0 9 】 上記イオン伝導体 5 の表面には、金属電極 8 を形成している。ここでは、例えば、第 1 の実施例（図 1 参照）と同様に、イオン伝導体 5 として酸素イオン伝導性を示す固体電解質を用い、金属電極 8 および 9 に酸素解離の触媒作用を有する白金を用いる。金属電極 8 は酸素解離の効率を高めるために、多孔性とする。電極 8 および 9 の間に電圧を印加しておくと、電極 8 におい

て情報を有する電子がイオンに変換され、情報を有するイオンが固体電解質 5 中を拡散して電極 9 に達する。すなわち、情報の担体が電子からイオンに変換され、固体電解質は情報の通路として作用する。

【 0 0 1 0 】 また、電極 9 において、イオンが電子に変換され、情報を有する電子が半導体中を伝達する。従って、上記実施例によれば、固体電解質材料を選択することにより、上記固体電解質中の酸素イオンの移動速度を、シリコン中の電子の移動速度より遅くすることが可能になるので、簡単な構造の遅延素子を実現することができる。図 3 は、本発明の第 3 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においては、高い電気伝導性を有するシリコン基板 1 の上に絶縁膜 4 を形成し、該絶縁膜 4 上にイオン伝導体 5 を積層し、該イオン伝導体の表面に電極 10 および 11 を形成している。

【 0 0 1 1 】 シリコン基板 1 の裏面にオーム接触となるよう金属電極 12 を形成する。シリコン基板 1 は高い電気伝導性を有するので、シリコン基板そのものをゲート電極として用いることができる。電極 10 および 11 をソースおよびドレインと考えることができ、シリコン基板 1、すなわちゲート電極 12 とともにトランジスタ構造を構成している。通常の条件下では、雰囲気中の酸素分圧は一定と考えることができる。そのとき、ソース、ドレイン間に電圧を印加すると、各電極で電子-イオン変換またはイオン-電子変換が起こり、固体電解質中で酸素イオンが流れる。

【 0 0 1 2 】 このとき、電極 10 または 11 とゲート電極 12 の間に電圧を印加すると、電圧の極性により固体電解質中のイオンがゲート電極に吸引または反発して、イオンの移動速度が変化する。これにより、電極 10 と 11 の間を流れる電流、すなわちドレイン電流が変化する。従って、上記実施例によれば、イオン伝導に基づく電流をゲート電極で制御することが可能になり、イオン伝導体トランジスタ素子を実現することができる。上述の第 1 から第 3 に示した実施例を複数個組み合わせて、または、これを従来の電子素子と組み合わせて用いることにより、従来の半導体のみを材料とする集積回路では実現できなかった機能を実現することができる。

【 0 0 1 3 】 図 4 は、本発明の第 4 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においては、シリコン基板 1 にソース領域 2 およびドレイン領域 3 を形成し、表面を絶縁膜 4 で被覆して電界効果トランジスタ構造を形成している。絶縁膜 4 の材料としては、酸化シリコンに窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化タンタルを積層した 2 層絶縁膜が望ましい。上記絶縁膜 4 上にスペーサ 13 を介して第 2 の基板 14 を設ける。上記絶縁膜 4 上でゲート以外の部分に、電極 11 を設け、上記第 2 の基板 14 上で、上記絶縁膜 4 に対面する側のゲートの上に電極 10 を設ける。シリコン基板と第 2 の基板の間の間隙に、例えば、塩を溶解した水溶液のような

10

20

30

40

50

液体イオン伝導体 15 を充填する。

【0014】上述の窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化タンタルは、水素イオン感応膜として作用し、液体電解質中の水素イオン濃度 (pH) に応じて起電力を発生するものである。これが等価的にゲート電圧変化となり、ドレイン電流を変調する。電極 10 および 11 に電圧を印加すると、水の電気分解が起こり、一方の電極で水素イオン、他方の電極で水酸イオンが生成され、電極近傍の pH が変化する。電極 10 は電界効果トランジスタの pH 感応膜上に形成されているので、電極 10 近傍で生ずる pH 変化を電界効果トランジスタで検出し、それに応じて出力を変化させる。水素または水酸イオンの生成効率は電極 10 および 11 に印加する電圧の大きさに依存し、電極で生成したの拡散速度に依存して出力が変化する。

【0015】電解液中の水素イオンおよび水酸イオンの移動速度は、シリコン中の電子の移動速度に比べ遅いので、遅延素子を実現することができる。電界効果トランジスタの出力は、電解質材料、印加電圧の大きさ、幾何学的形状等を変えることにより、様々な特性を示すので、様々な遅延時間を有する Iono-electron Device が実現できる。図 5 は、本発明の第 5 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においては、シリコン基板 1 および第 2 の基板 14、電極 11 の配置は第 4 の実施例の場合 (図 4 参照) と同じであるが、電極 10 を電極 11 に対向させて設けている点異なる。更に、電極 10、11 部分と電界効果トランジスタ部分を結ぶ流路の外側に、電極 16 および 17 を設けている。

【0016】電極 10 と 11 の間に電圧を印加すると、電解質中に水素イオンと水酸イオンを生成する。電極 16 と 17 の間に電圧を印加すると、生成された水素イオンと水酸イオンは電圧の極性により、それぞれ反対方向に移動する。電界効果トランジスタのゲートは流路の途中に形成されているので、移動に伴う pH 変化を検出して、出力を変化させる。電極 16 および 17 はイオンを移動させる駆動力として用いることができる。電界効果トランジスタの出力電圧は、生成される水素イオンおよび水酸イオンの量、および、電極 16 と 17 に印加する電圧の大きさに依存するので、上記実施例によれば、様々な遅延時間を有する遅延素子を実現することができる。

【0017】図 6 は、本発明の第 6 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においても、シリコン基板 1 および第 2 の基板 14 の配置は、第 4 の実施例 (図 4 参照) と同じであるが、2 組の電極 18、19 および 20、21 を電界効果トランジスタに対して対象の位置に配置している点異なる。電極 18 と 19 に電圧を印加すると、各電極で水素と水酸イオンを生成する。同様にして電極 20 と 21 に電圧を印加すると、各電極で水素と水酸イオンを生成する。電極 18、19 お

よび 20、21 に印加する電圧の極性および大きさにより、電界効果トランジスタのゲートには水素イオン過剰状態または水酸イオン過剰状態または中性状態を作り出すことができ、それに応じて電界効果トランジスタの出力を変化させることが可能になる。

【0018】従って、上記実施例によれば、電極 18、19 を入力 1、電極 20、21 を入力 2 とする論理回路を構成することができ、電界効果トランジスタの出力を、例えば、1、0、-1 の 3 つの状態をとるように構成することができる。図 7 は、本発明の第 7 の実施例を示す。なお、図 7 (a) は本実施例に係る集積化電子化学回路の断面図、(b) は同平面図を示したものである。第 6 の実施例においては、イオン伝導体 15 の中に設置する電極の数を増加させ、電界効果トランジスタのゲート部 22 から等距離のガラス基板上に複数電極 23 を配置した。複数電極および電界効果トランジスタのゲート部からなる局所部分は神経回路網のシナプス結合と考えることができる。

【0019】複数電極、すなわちニューロンから伝達される信号はイオン伝導体中で化学物質 (イオン) に変換され、それが電界効果トランジスタのゲートで検知されて再び電気信号に変換される。このシナプス結合は、以下の特性を有している。

(1) 電界効果トランジスタはしきい値電圧を有している。すなわち、イオン伝導体中の pH がある値以上 (または、以下) にならないと電界効果トランジスタがオン状態にならない。従って、このしきい値電圧を適切な値に設定すれば、複数ニューロン (電極) からの信号がシナプス結合に伝達されるとき、ある数以上のニューロン信号が入力されないとトランジスタがオン状態にならない、すなわち信号が次のニューロンに伝達されない。従って、本実施例に係るシナプス結合は、しきい値を有している。

【0020】(2) 予めイオン伝導体中の pH を適切な値に設定することにより、抑制性シナプスまたは興奮性シナプスを形成することができる。すなわち、イオン伝導体中の pH を電界効果トランジスタのしきい値に対応する pH 値に近い値に設定すれば、わずかのニューロン信号により、トランジスタがオン状態となり、信号が次のニューロンに伝達される。すなわち興奮性シナプスとなる。一方、イオン伝導体中の pH を、電界効果トランジスタのしきい値に対応する pH 値と大きく異なる値に設定すれば、多くのニューロン信号がシナプスに伝達されてもなかなかトランジスタがオン状態にならず、信号が伝達されにくい。すなわち抑制性シナプスとなる。

【0021】また、シナプス結合に伝達される信号の正負を制御すれば、イオン伝導体中に生成される水素イオンおよび水酸イオン濃度を制御することができ、抑制性または興奮性のシナプスを形成することができる。以上のように本実施例に係るシナプス結合は、可塑性を有し

ている。

(3) シナプス結合部に配置される電極と組になる電極はイオン伝導体中の他の部分に設置されている。したがって、ニューロン信号が伝達されシナプス結合部の pH が変化したとき、イオン伝導体中の pH 全体が均一になるまでには長時間を要する。

【0022】すなわち、ニューロン信号が伝達された直後のシナプス状態は、一定時間維持される。電界効果トランジスタなどの電子素子の電源を切っても、イオン伝導体中の pH の状態は維持されるので、不揮発性のメモリとなる。以上のように本実施例に係るシナプス結合は、短期間の記憶に相当する機能を有する。このような特性を利用すると、本実施例に係る素子を用い、神経回路網に相当する特性を有する神経回路素子を実現することができる。

【0023】図 8 は、本発明の第 8 の実施例を示す集積化電子化学回路の断面図である。本実施例においては、シリコン基板 1 の表面に絶縁膜 4 を形成し、該絶縁膜 4 上に第 1 のイオン伝導体 2 4 を形成している。該イオン伝導体 2 4 の一端に第 2 のイオン伝導体 2 5 を、第 1 のイオン伝導体と接触するように形成している。第 1 および第 2 のイオン伝導体の接触面が、異種イオン伝導体の接合部である。各イオン伝導体の接合部と反対の端には電極 2 6 および 2 7 が形成されている。電極 2 6 および 2 7 の間に電圧を印加すると、第 1 および第 2 のイオン伝導体中を異種のイオンが移動する。

【0024】第 1 と第 2 のイオン伝導体の接合部で異種のイオンが塩の形成による結合などの相互作用し、本素子の電流-電圧特性は非線形な特性となる。イオン伝導体の組合せにより整流特性を示すことも可能であり、集積化 Iono-electron Device の要素素子として用いることができる。以上の素子を複数個組み合わせ、または従来の電子素子と組み合わせるにより、従来の半導体のみを材料とする集積回路では実現できなかった機能を実現することができる。

【0025】図 9 は、本発明に係る集積化電子化学回路の第 1 の効果を示した図であり、第 1 の実施例に示した素子を用いて、電極 7 と 8 の間に入力電圧を印加したときの電界効果トランジスタの出力電圧を示している。ここでは、電界効果トランジスタでソースフォロワ回路を構成し、ゲート電位変化をそのまま出力電圧としている。これより、ステップ入力電圧に対して、時間遅れを有するなだらかな遅延特性波形が得られる。また、本素子の電流-電圧特性はヒステリシスを示し、メモリ効果を有する。これが本素子の基本動作であり、これらを組み合わせることにより、従来に無い機能を有する集積化 Iono-electron Device が実現できる。

【0026】図 10 は、本発明に係る集積化電子化学回

路の第 2 の効果を示した図であり、第 7 の実施例に示した素子を用いて、8 組の電極、すなわちニューロンをイオン伝導体中に設置し、各ニューロンにそれぞれ所定時間信号を遅らせて印加したときの、次のニューロン、すなわち電界効果トランジスタの出力信号を示したものである。ここでは、5 個のニューロンから信号が伝達されても、次のニューロンは発火(信号発生)しないが、6 目のニューロン信号が印加されると発火する。すなわち、本実施例に係るシナプスは、しきい値を有することが確かめられた。なお、上記各実施例はいずれも本発明の一例を示したものであり、本発明はこれらに限定されるべきものではないことは言うまでもないことである。

【0027】

【発明の効果】以上、詳細に説明した如く、本発明によれば、情報の担体として、電子、正孔に加えてイオンを用いることにより、イオン伝導体中のイオン伝導、イオンと電子の相互作用など、従来の半導体のみを用いる集積回路では得られない特性を付与することができ、メモリ効果、ヒステリシス、可塑性などの特徴を有する集積化 Iono-electron Device を実現することができ、従来の集積回路と相補的に用いることにより、新しい機能を有する情報処理システムを提供することが可能な、集積化電子化学回路を実現できるという顕著な効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例に係る構成図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施例に係る構成図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施例に係る構成図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施例に係る構成図である。

【図 5】本発明の第 5 の実施例に係る構成図である。

【図 6】本発明の第 6 の実施例に係る構成図である。

【図 7】本発明の第 7 の実施例に係る構成図である。

【図 8】本発明の第 8 の実施例に係る構成図である。

【図 9】本発明の第 1 の効果を示す図である。

【図 10】本発明の第 2 の効果を示す図である。

【符号の説明】

1 シリコン基板

2 ソース領域

3 ドレイン領域

4 絶縁膜

5 イオン伝導体

6 ~ 12 金属電極

13 スペース

14 ガラス基板

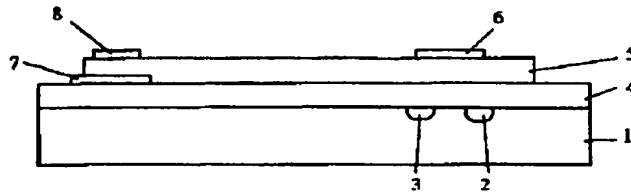
15 液体イオン伝導体

16 ~ 21 金属電極

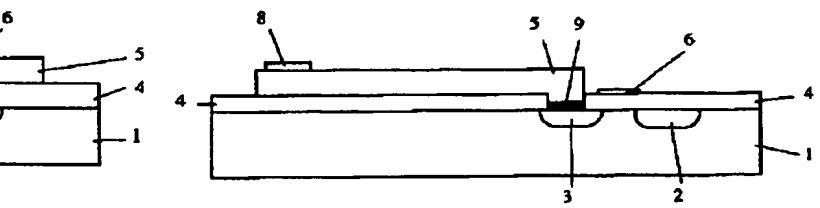
22 ゲート部

23 ~ 27 金属電極

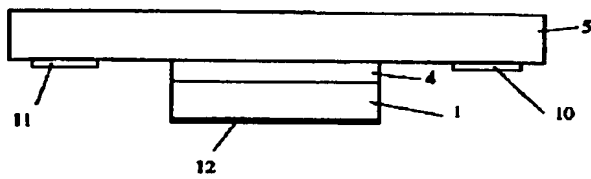
【図 1】



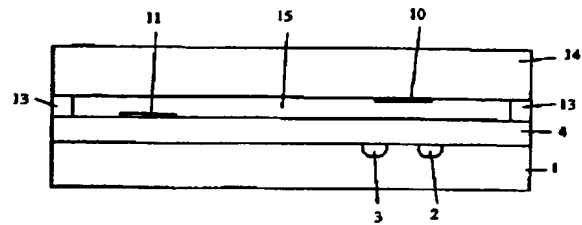
【図 2】



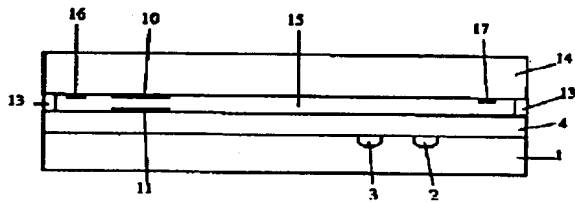
【図 3】



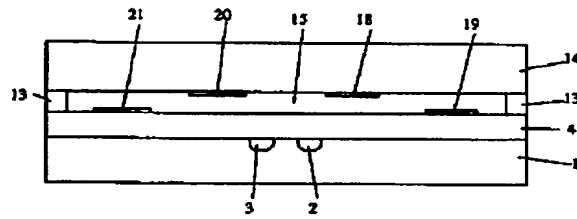
【図 4】



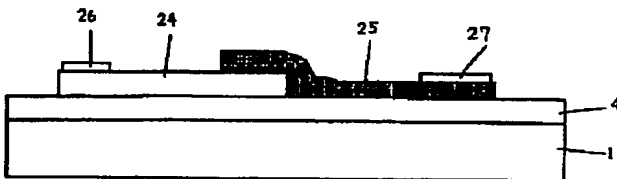
【図 5】



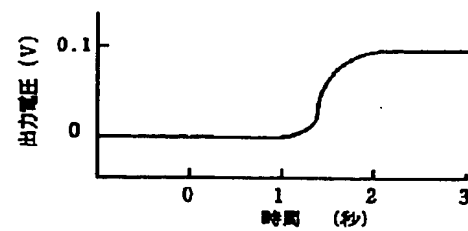
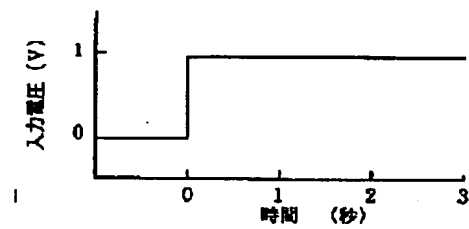
【図 6】



【図 8】

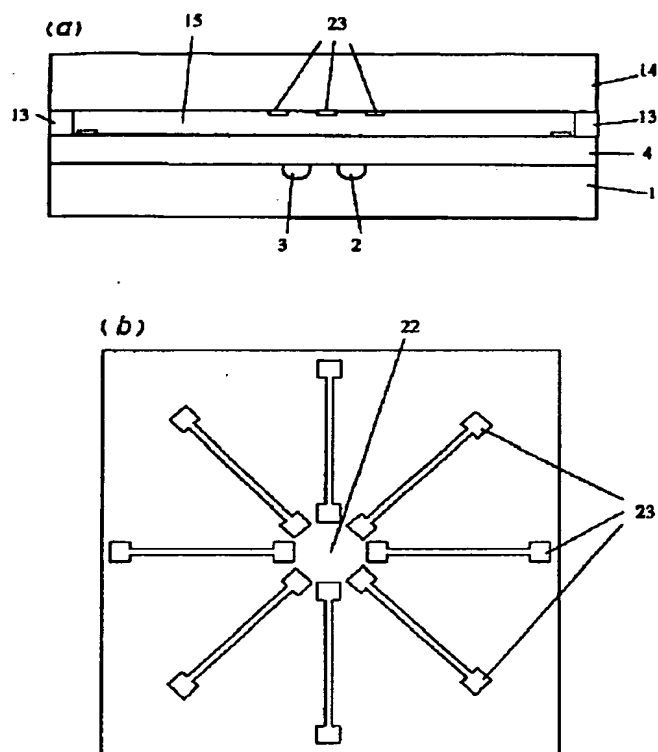


【図 9】

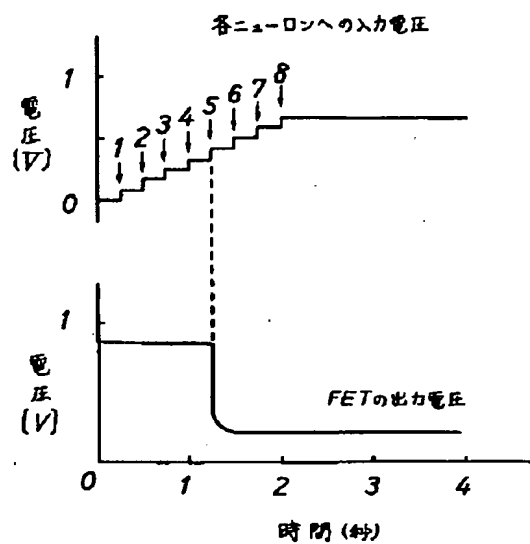




【図 7】



【図 10】



THIS PAGE IS BLANK